

# **Recherches-système en agriculture et développement rural**

**Symposium international**

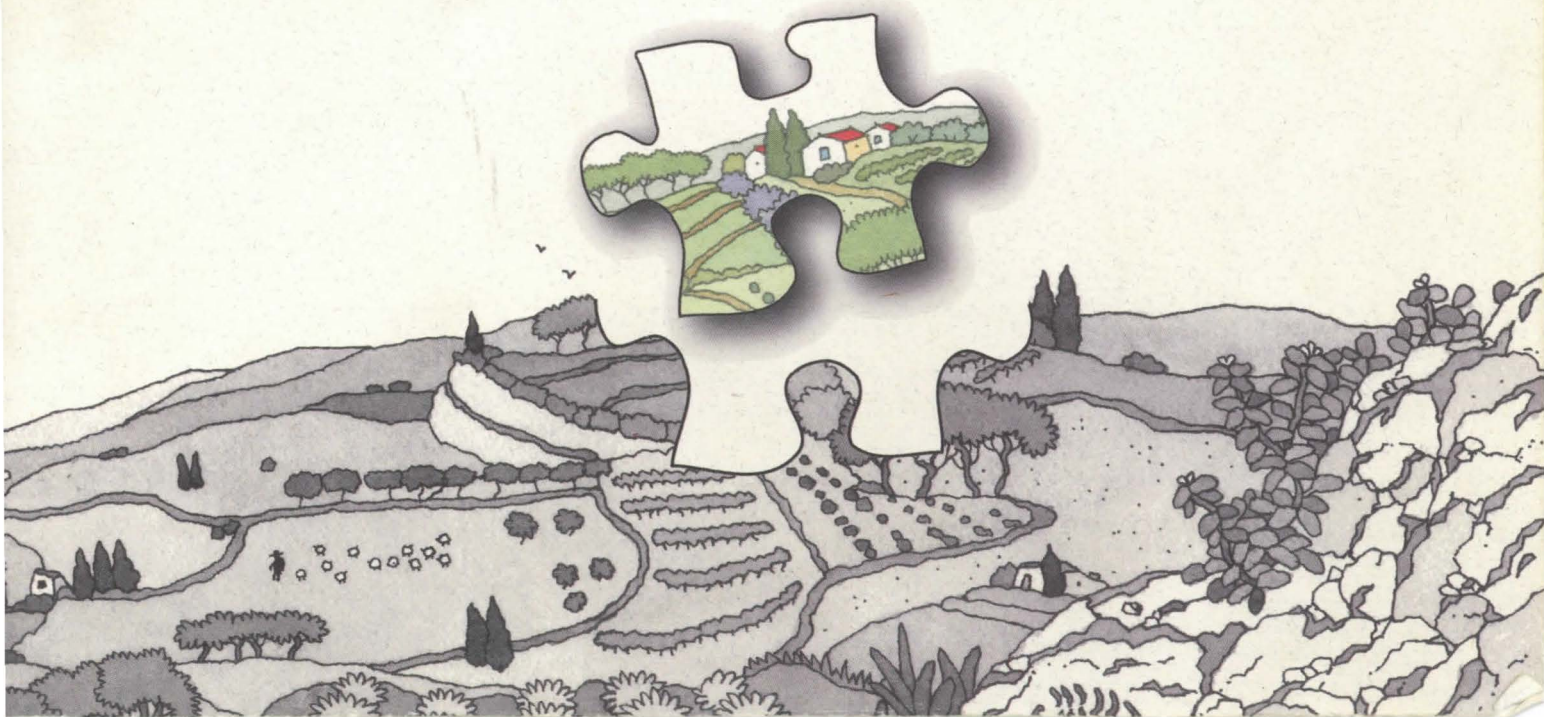
Montpellier, France – 21-25 novembre 1994

## ***Systems-Oriented Research in Agriculture and Rural Development***

***International Symposium***

Montpellier, France – 21 to 25 November 1994

**Communications / Papers**



# Expérimentation des systèmes de culture dans les pays tropicaux

## Cas des zones cotonnières d'Afrique noire

Cretenet Michel

CIRAD-CA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

### Résumé

*Le milieu agricole tropical est caractérisé par la diversité des systèmes de culture et des conditions de milieu. Dans une démarche qui a pour ambition de répondre à une problématique régionale de maîtrise de la production et/ou des aptitudes du milieu, il est indispensable de prendre en compte en même temps la composante spatiale et la composante temporelle de cette diversité. La finalité d'une telle démarche est de fournir des aides à la décision pour le développement, en particulier au moyen de modèles validés dans une gamme de conditions de milieu correspondant à la diversité régionale. Les outils de recherche que sont l'expérimentation et l'enquête doivent être utilisés simultanément dans l'analyse préalable de cette diversité. Au Mali, l'analyse de la diversité des aptitudes culturales du sol et de ses déterminants liés aux systèmes de culture pratiqués met en évidence le rôle essentiel de la fumure organo-minérale, notamment celui du potassium. Pour les productions agricoles commercialisées telles que le coton, les solutions simples d'apport complémentaire d'engrais sont difficilement envisageables dans le contexte économique actuel particulièrement contraignant. De plus, pour les productions vivrières, généralement autoconsommées, la culture extensive est la principale stratégie antialéatoire mise en œuvre par les paysans. Dans un tel contexte de contraintes, il devient nécessaire de raisonner la gestion de la fertilité à l'échelle du terroir villageois, ce qui autorisera des possibilités de transferts de fertilité du domaine sylvo-pastoral vers le domaine cultivé.*

### Mots clés

*Expérimentation, enquête, fertilité, matière organique, potassium, cotonnier.*

### Abstract

**Experimentation with Cropping Systems in Tropical Countries. Case Studies from Cotton Growing Areas of Africa.**

*A feature of the tropical agricultural environment is the variety of cropping situations. Any approach that hopes to address a regional problem of production management and/or land capability must consider both spatial and temporal components of this diversity. The purpose of such an approach would be to provide a decision making aid for development, in particular by using models validated in a range of environmental conditions representing the diversity of the region. The research tools — experimentation and surveys — should be used simultaneously in prior analysis of this diversity. In Mali, analysis of the diversity of land capabilities and of its determinants in relation to the cropping systems used reveals the essential role of organo-mineral fertilization and particularly of potassium. The simple solution of complementary application of fertilizer to cash crops such as cotton is difficult to envisage in the currently very restrictive economic context. In addition, extensification is the main strategy used by farmers to overcome the uncertainty factor in growing food crops. In such a context of constraints, it is becoming necessary to plan fertility management at village land level; this provides scope for transfer of fertility from the sylvopastoral sphere to arable farming.*

### Introduction

Le milieu tropical est caractérisé par l'extrême diversité des systèmes de culture pratiqués, des situations culturales rencontrées et des objectifs de production assignés à ces systèmes de culture.

Ainsi, les grandes exploitations brésiliennes des *cerrados*, la Société industrielle d'agriculture et d'élevage de Boumango (SIAEB) au Gabon ou certains périmètres irrigués d'Afrique noire produisent sur plusieurs milliers d'hectares du maïs, du soja, du riz ou de la canne à sucre dans des systèmes de culture très fortement mécanisés, avec des objectifs de rentabilité économique clairement affichés à

l'image de l'agriculture européenne. Dans la zone soudano-sahélienne coexistent et dominent (en nombre et en surface) des systèmes de culture beaucoup plus extensifs, en culture manuelle ou en culture attelée, sur de petites exploitations de quelques hectares à quelques dizaines d'hectares. Il s'agit avant tout, dans ce cas, de produire pour nourrir la famille au sens large. Ces exploitations agricoles sont plus ou moins impliquées dans une économie de marché. La culture cotonnière y représente la principale source de revenus monétaires.

Maîtriser la production agricole dans un tel contexte, c'est à la fois savoir caractériser la diversité des situations culturelles et comprendre les relations entre le comportement des cultures et les états du milieu à l'échelle de la campagne agricole. Maîtriser sur le long terme les aptitudes du milieu constitue un objectif qui peut être en contradiction avec des objectifs de production à court terme. Ainsi, comme réponse à un contexte économique difficile ou comme stratégie anti-aléatoire pour des productions vivrières d'autoconsommation, l'extensification compromet à terme la production agricole et sa maîtrise (Faure *et al.*, 90).

A ces objectifs de maîtrise des états de milieux très divers à différents pas de temps correspondent, dans la pratique, des produits destinés à l'encadrement agricole : fiches techniques, grilles multicritères d'aide à la décision, systèmes experts, etc. L'élaboration de tels produits met en jeu des outils de recherche tels que l'enquête, l'expérimentation et la modélisation.

### Des outils complémentaires pour des fonctions qui s'inscrivent dans une démarche générale cohérente

La diversité des situations culturelles actuelles est le produit de l'histoire de systèmes de culture différents dans des milieux naturels diversifiés. L'analyse de cette diversité fait appel à des outils dont la spécificité apparaît lorsque l'on situe la problématique de recherche dans l'espace et dans le temps (figure 1). L'enquête prend en compte la dimension spatiale, l'expérimentation, la dimension temporelle, à l'échelle de la campagne agricole comme à l'échelle de la succession culturale. Notre propos portera sur l'expérimentation à l'échelle de la succession culturale.

### L'enquête et la diversité spatiale

L'enquête-diagnostic correspond à une analyse de la diversité des situations culturelles à un moment donné, dans un ensemble géographique bien défini. Il s'agit de structurer l'ensemble des situations pour y déterminer des types correspondant chacun à une problématique particulière. Quel que soit l'objet du diagnostic, mais en particulier s'agissant d'aptitude du milieu à produire, l'analyse de la diversité des situations en vue d'établir la structuration évoquée (typologie) suppose que l'on sache évaluer l'objet du diagnostic, en l'occurrence les états du milieu (Suzor *et al.*, 91).

Cette évaluation porte in fine sur la production que le milieu est en mesure d'exprimer sous un itinéraire technique défini (figure 2). C'est la notion de potentialité agricole que l'on retient ici (Sebillotte, 1982).

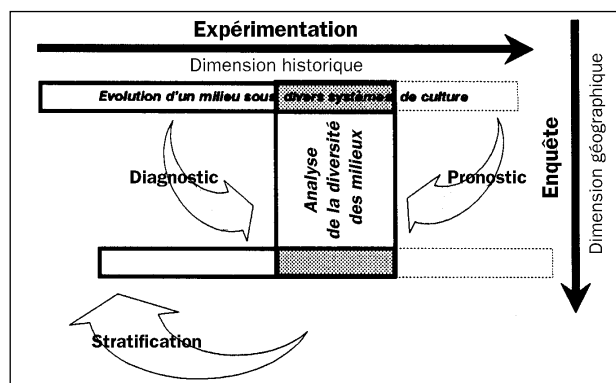


Figure 1. Enquête et expérimentation : des outils complémentaires.

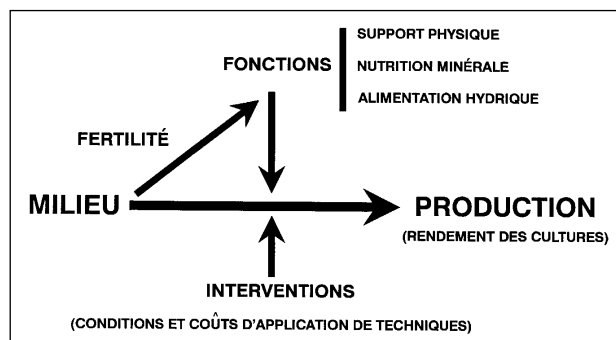


Figure 2. Processus de production et fertilité du milieu.

L'analyse proprement dite de la diversité des situations rencontrées consiste à mettre en relation des niveaux de production et des caractéristiques chimiques, physiques et/ou biologiques du milieu. Traduire ces relations, que l'on peut qualifier de statistiques, entre des variables du milieu et des rendements en relations de cause à effet constitue le diagnostic proprement dit. Autoriser de telles traductions suppose que l'on fait référence à des connaissances acquises à travers des expérimentations qui ont préalablement établi le principe de causalité au sein de ces relations. L'expérimentation dans cette fonction de référence pour le diagnostic doit être située en amont du diagnostic.

### L'expérimentation comme référence au diagnostic et au pronostic

Les objectifs assignés à l'expérimentation consistent à tester l'hypothèse d'un effet différencié de traitements en comparaison dans un dispositif statistique. Mais, c'est avant tout la validation d'une théorie sous-entendue dans le choix des traitements en comparaison.

L'expérimentation relative à l'étude de l'évolution des états du milieu aboutit généralement à la création d'une variabilité contrôlée (parce qu'induite par des systèmes de culture choisis) à partir d'une situation de départ réputée homogène. Cette variabilité des états d'un milieu, identiques au départ, est créée au cours du temps par les différents systèmes de culture expérimentés. En établissant des relations de cause à effet entre les caractéristiques des systèmes de culture et les états des différentes composantes du sol, ces expérimentations permettent d'évaluer *ex ante* les solutions proposées dans le prolongement d'une enquête diagnostic. Elles permettent également d'établir des hypothèses sur les raisons historiques de la diversité observée

dans le milieu à un moment donné entre des parcelles ayant des passés différents.

Néanmoins, ces références expérimentales, pour remplir les fonctions de pronostic et de diagnostic à une échelle régionale, doivent couvrir un éventail de situations correspondant à la diversité régionale des milieux. Le recours à l'enquête pour caractériser la diversité à cette échelle est indispensable, elle définit une stratification de la région (figure 2) qui permet un choix pertinent des sites d'implantation des dispositifs expérimentaux.

### La modélisation, source d'économies de moyens et d'inspiration pour la recherche

La modélisation intègre les théories testées et validées dans une phase expérimentale préalable. Le domaine de validité de ces modèles correspond aux situations expérimentales sur lesquelles les modèles ont été construits et validés. Il est donc souhaitable que la modélisation prenne en compte dans l'éventail des situations existantes celles qui sont marginales. Les modèles qui traitent des relations entre systèmes de culture et milieu doivent permettre de simuler l'évolution de différents milieux sous une gamme de systèmes de culture. Ils peuvent ainsi se substituer à un réseau multilocal d'expérimentation de longue durée et entraîner d'importantes économies en moyens humains et financiers.

Symétriquement, les exercices de simulation sur les effets des différents systèmes de culture sur un même milieu permettront d'identifier des innovations techniques susceptibles d'infléchir favorablement l'évolution d'un milieu particulier : source d'inspiration pour la programmation de recherches, en particulier celles qui se situent dans la phase de création d'innovations.

### Étude de cas : des expérimentations de longue durée

Les synthèses d'expérimentations de longue durée sur l'évolution des sols (sous l'influence des systèmes de culture) sont relativement peu nombreuses pour la zone soudano-sahélienne (Pichot et al., 1981 ; Piéri, 1989). Cependant, au Mali en particulier, mais également au Burkina Faso, au Tchad, au Togo ou au Bénin, il existe des dispositifs de longue durée qui sont encore en place aujourd'hui après quinze ans, voire plus de vingt ans, d'existence.

### Les idées qui prévalaient à la définition et à l'implantation de ces dispositifs

#### **La problématique du développement**

La croissance démographique et, en conséquence, la pression foncière rendent les jachères de longue durée (dix ans et plus) de plus en plus rares, elles interviennent donc à un stade où la dégradation de la fertilité du sol est de plus en plus importante.

De plus, ce type de jachère constituant l'essentiel des terrains de parcours pour le bétail, l'augmentation de la charge à l'unité de surface (augmentation du cheptel et réduction

en surface des terrains de parcours) compromet le rôle de régénérateur de fertilité attribué à ces jachères.

Le système de culture traditionnel itinérant est en déséquilibre : il est nécessaire de concevoir les conditions de la sédentarisation des systèmes de culture.

#### **La traduction en problématique de recherche du problème posé par le développement**

Il s'agissait de concevoir des systèmes de culture (rotations et techniques culturales appliquées à chacune des cultures de la rotation) tels que le milieu initial ne se dégrade pas, ou du moins que les niveaux de rendement obtenus dans ces systèmes de culture n'évoluent pas à la baisse sur le moyen terme du fait de l'évolution du sol.

Les références sur de tels systèmes sont à l'époque les stations de recherche elles-mêmes, mises en culture en continu depuis leur création (années 50). Cependant, les rotations pratiquées (bien souvent monoculture ou cotonnier deux années sur trois) ne peuvent satisfaire les impératifs de l'assolement en milieu paysan (cultures vivrières d'auto-consommation) ; de plus l'intensification pratiquée (motorisation, fertilisation, protection phytosanitaire, etc.) est incompatible avec la capacité d'investissement du milieu producteur.

On dispose d'une relation, qui peut paraître triviale, entre le taux de matière organique du sol et son aptitude à produire. Triviale, car ce taux représente la partie de biomasse élaborée qui est directement restituée au sol : plus la biomasse est importante, plus le sol est jugé fertile et plus la part de cette biomasse recyclée directement par le sol est importante ! On attribue d'ailleurs le rôle de régénérateur de fertilité de la jachère de longue durée à ses effets sur le taux de matière organique du sol.

De ce constat a été déduite une relation de cause à effet entre le taux de matière organique du sol et son aptitude à produire. Il s'agissait alors de concevoir des systèmes de culture qui maintiennent le statut organique du sol sur le moyen ou long terme.

#### **Les traitements en comparaison**

C'est ainsi qu'ont été construits les différents traitements en comparaison dans des dispositifs statistiques : comparaison de techniques culturales visant à améliorer le statut organique du sol. Les résultats sont soumis à l'analyse de la variance avec une décomposition en effet série, effet cycle, effet traitements et leurs interactions. Il s'agissait de soumettre à de tels tests les effets sur le rendement (sous-entendu le taux de matière organique du sol) d'innovations telles que l'enfouissement des résidus de récolte, les apports organiques d'origines diverses (fumiers, terres de parcs, composts, etc.), la fumure minérale des différentes cultures de la rotation, les jachères travaillées de courte durée.

Cependant, l'absence de théorisation dans la définition des traitements en comparaison a conduit généralement à une confusion d'effets dans l'interprétation des résultats (tableau I).

Le traitement fumier permet d'accroître le taux de matière organique du sol, ce qui détermine un niveau de production supérieur aux autres traitements. Les deux premières colonnes du tableau I peuvent être interprétées



de cette manière. Cependant les modifications intervenues par la suite (deux dernières colonnes) dans les apports minéraux du traitement engrais infirment cette relation de causalité. Plus généralement, exprimer la fertilité du sol par sa teneur en matière organique n'apporte rien en termes de concept et de moyen de maîtrise de ses aptitudes à produire (Sanchez et Miller, 1986).

Tableau 1. Fertilité et matière organique du sol. Essai organo-minéral, N'Tarla, Mali.

Objets	Après 15 années		Après 25 années	
	Production moyenne annuelle	Matière organique 0-40 cm	Matière organique 0-40 cm	Production moyenne annuelle
Témoin min.	936 kg/ha	0,34 %	0,49 %	1 784 kg/ha
Fumier 5t/ha/an	1 863 kg/ha	0,44 %	0,57 %	2 056 kg/ha
Engrais	1 696 kg/ha	0,40 %	0,55 %	2 038 kg/ha

### L'expérimentation des systèmes de culture comme référence au diagnostic

L'analyse proposée ci-après concerne un ensemble de dispositifs pérennes d'étude de la fertilité et de son évolution, couvrant l'ensemble de la zone cotonnière du Mali, à savoir :

- l'essai fumure organo-minérale (OM) de N'Tarla, implanté en 1965 et l'essai fumure organo-minérale de Kolombada, implanté en 1971. Dans ces dispositifs sont comparés des systèmes de culture différenciés par le mode de fertilisation : minérale, organique et organo-minérale pour une même succession culturale sans jachère ;
- l'essai entretien organique des sols (EOS) de Koula, implanté en 1978, où outre le mode de fertilisation interviennent, comme facteurs de différenciation des systèmes de culture expérimentés, la gestion des résidus de récolte et la jachère ;
- les essais évolution de la matière organique de Molobala, Loutana et Sikoroni, implantés à partir de 1979 sur des parcelles paysannes, où sont comparés un système de culture continue et un système avec deux années de jachère pour quatre années de culture.

Les multiples interactions entre les facteurs du milieu qui déterminent la production et la non-linéarité des processus en cause incitent à aborder le problème en terme de potentialités. Cela se traduit dans l'analyse par une préférence donnée aux modèles asymptotiques lorsqu'il s'agit de traduire la réponse d'une culture, à privilégier, dans l'analyse d'un nuage de points, la notion de courbe enveloppe (Webb, 1972 ; Meynard et al., 1988) par rapport aux analyses par régression.

Dans des conditions classiques de culture, particulièrement lorsque la fertilisation potassique n'excède pas 30 kg  $K_2O$ /ha (sur la culture cotonnière), le taux de matière organique du sol sur les quarante premiers centimètres de sol est un bon reflet du potentiel de production de ce sol (figure 3). Cependant, lorsque l'on est en mesure de pratiquer de fortes fertilisations potassiques, sous forme organique ou minérale, il est possible d'obtenir de très forts rendements (3 000 kg/ha coton graine), même avec des teneurs en matière organique du sol jugées très faibles ( $< 0,4$  %).

Ces résultats montrent bien que le concept de fertilité doit intégrer le processus de production, en particulier les tech-

niques culturales appliquées (et leur coût !), ainsi que le schématise la figure 2. Dans notre exemple, la fertilisation potassique apparaît comme un facteur limitant fortement l'expression des potentialités du milieu (par le cotonnier).

On retrouve par ailleurs ce type de conclusions concernant le rôle du potassium dans des dispositifs de longue durée conduits au Bénin et au Togo (Richard, 74), au Tchad (Richard et Djoulet, 85) et en Californie (Olk et Cassman, 91).

On ne doit cependant pas écarter à priori l'implication des composantes physique ou biologique de la fertilité dans ces évolutions du sol. Ainsi, sur terres de barre dégradées à Aplahoué au Bénin, on a pu noter de fortes infestations de nématodes sur les parcelles à faible niveau de production (fumure minérale faible sans restitution des résidus de culture) d'un dispositif de longue durée implanté en 1970. Cependant, les effets d'application d'aldicarbe (nématicide couramment utilisé en monoculture cotonnière aux USA) restent limités. En corollaire à ces forts niveaux d'infestation par les nématodes, on a pu remarquer des taux d'aluminium échangeable dans le sol non négligeables pour le cotonnier, culture particulièrement sensible à la toxicité aluminique. L'apparition d'aluminium échangeable est en relation directe avec le processus d'acidification du sol et interagit avec la biologie du sol (Godefroy et al., 76). Ce taux d'aluminium échangeable est d'ailleurs en mesure d'expliquer les écarts observés à la relation entre rendement et potassium échangeable (figure 4). Cela nous amène, dans ce cas précis, à considérer la dégradation de la composante biologique comme un processus induit par la détérioration de la composante chimique de la fertilité du sol.

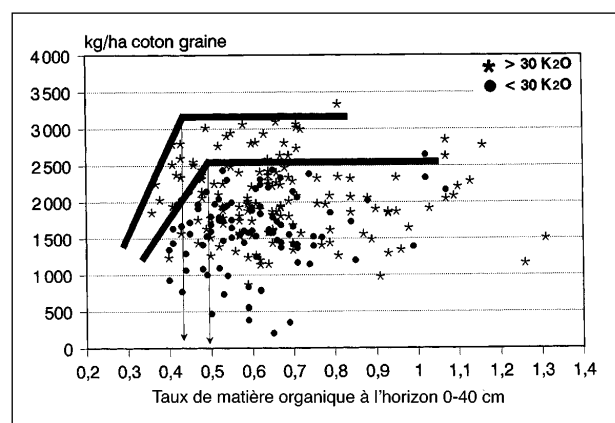


Figure 3. Matière organique, fertilisation potassique et potentialités.

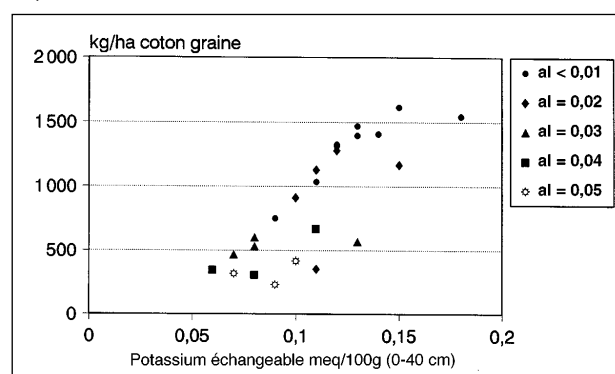


Figure 4. Potentialités et potassium échangeable selon le taux d'aluminium échangeable à Aplahoué (Bénin).

D'une manière générale, un intérêt particulier doit être porté à ces relations entre composantes de la fertilité de façon à bien identifier le sens des relations entre les différentes variables, ce qui permettra d'intervenir de façon économique et efficace aux différentes étapes de l'évolution de ces sols.

Les relations du type de celles illustrées par les figures 4 et 5 constituent des références indispensables au diagnostic. Il s'agit en effet de rechercher les causes des écarts éventuels aux différentes courbes enveloppes pour les situations à diagnostiquer.

Ces mêmes relations établies à partir de dispositifs expérimentaux sont également des outils de prospective.

### L'expérimentation des systèmes de culture comme référence au pronostic

Sur la base des données de la CMDT (Compagnie malienne de développement des textiles) de la région de Koutiala (fertilisations et rendements), le bilan potassique d'une rotation triennale coton/sorgho/sorgho couramment pratiquée dans la région correspond au tableau II.

Tableau II. Bilan potassique kg/ha  $K_2O$  sous un système de culture classique au Mali.

	Fumure $K_2O$		Exportations $K_2O$		Bilan $K_2O$
	Engrais	Fumier	Récolte	Résidus	
Coton	14	20	13	19	+ 2
Sorgho 1	5	20	6	63	- 44
Sorgho 2	5	20	6	63	- 44
			sur 3 ans :		- 86

Le bilan moyen annuel accuse ainsi un déficit de l'ordre de 30 kg  $K_2O$ /ha/an.

Le fait est confirmé par les enquêtes potassium réalisées en 1977 et 1988 sur des parcelles de paysans. Bien que ces deux enquêtes n'aient pas été réalisées sur le même échantillon de parcelles, les cas de présomption de déficience par diagnostic foliaire (fonction de production potassium F (K) < 90 %) passent de 3 % en 1977 à 14 % en 1988.

Sur les dispositifs expérimentaux du Mali évoqués précédemment a été établie la correspondance entre le bilan potassique estimé et l'évolution du potassium échangeable dans l'horizon 0-40 cm. Ainsi, à un bilan de 200 kg  $K_2O$ /ha correspond une évolution du potassium échangeable de 0,025 meq/100g dans l'horizon 0-40 cm.

Rapportée à la figure 5, qui présente l'enveloppe du nuage de points (rendement coton-graine, teneur en potassium

échangeable) observé sur les dispositifs pérennes du Mali, cette évolution (200 kg  $K_2O$ /ha) correspond à 565 kg/ha de coton-graine pour K éch. < 0,08 meq/100g, 240 kg/ha de coton-graine pour 0,08 meq/100g < K éch. < 0,17 meq/100g, et plus rien en terme de potentialité au-delà de cette teneur.

Ainsi, un déficit moyen annuel estimé à 30 kg  $K_2O$ /ha/an peut réduire le potentiel de production de 85 kg/ha/an en coton-graine ! Les quelque 15 % des parcelles examinées en 1988 qui présentaient de fortes présomptions de déficience potassique sont vraisemblablement aujourd'hui dans cette situation.

### Conclusion.

La place de l'expérimentation sur les systèmes de culture apparaît donc clairement en amont de l'enquête, par les éléments de référence qu'elle apporte dans le diagnostic, mais également lorsqu'il s'agit d'évaluer l'évolution probable d'une situation culturale, par les éléments chiffrés qu'elle permet d'établir.

S'agissant des zones cotonnières d'Afrique de l'Ouest, la situation est préoccupante en terme d'évolution du sol et de ses aptitudes à produire. Le statut potassique des sols de ces zones ne peut que se dégrader sous les systèmes de culture actuels.

On peut douter de la faisabilité économique d'une intensification par une utilisation accrue des intrants et des engrais en particulier, compte tenu du contexte économique actuel de la filière coton et du rôle dévolu aux cultures vivrières (autoconsommation). Ainsi, il paraît difficilement envisageable de compléter la fumure actuelle par des apports de potassium sous forme d'engrais minéraux.

On devra donc rechercher ailleurs les possibilités d'équilibrer un bilan potassique chroniquement déficitaire dans les conditions actuelles (importance des céréales, sorgho en particulier dans ces systèmes de culture). Deux voies sont envisageables, celle d'une mobilisation et d'une redistribution du potassium disponible dans les horizons non prospectés par les systèmes racinaires des cultures traditionnelles (Sebillotte, 91) et celle du transfert de potassium des terrains de parcours du bétail vers les terrains de culture. On retrouve là la nécessité de raisonner la durabilité des systèmes de culture à l'échelle du finage d'un village ou d'une communauté rurale (Smith and Weber).

### Références bibliographiques

- Faure G., Jallas E. et Djagni K., 1990. Stratégies paysannes et innovations techniques pour une agriculture en difficulté. Poissongui un village du Nord-Togo. *Coton et Fibres Tropicales*, vol. 45, fasc. 1, pp. 5 :25.
- Godefroy J., Lacoëuilhe J.-J. et Marchal J., 76. Effets du chaulage sur la culture de l'ananas dans un sol ferrallitique fortement désaturé. *Fruits*, 3110, pp. 603 :615.
- Meynard J.-M. et al., 1988. Pour mieux connaître les variétés de blé : analyser l'élaboration de leur rendement. *Perspectives agricoles*, 131, 17 :24.
- Olk D.C., Cassman K.G., 1991. Reduction of potassium fixation by organic matter in vermiculitic soils. In : "Soils organic matter dynamics

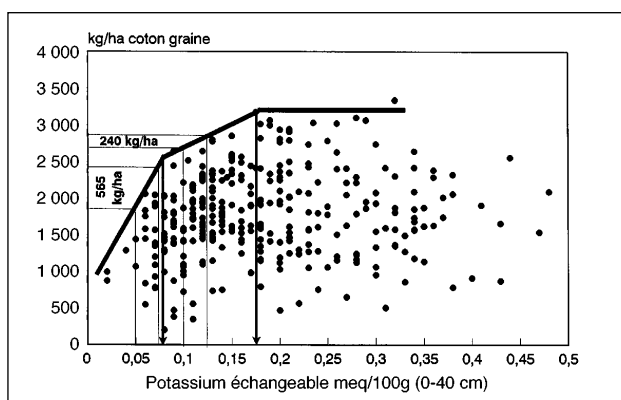


Figure 5. Potentialités et potassium échangeable du sol.

- and sustainability of tropical agriculture." International Symposium Leuven, Belgium, nov. 91. Ed. John Wiley & Sons.
- Pichot J., Sedogo M.P., Poulain J.-F. et Arrivets J., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *Agronomie Tropicale*, 362, pp. 122 :133.
- Piéri C., 1989. Fertilité des terres de savanes : bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et du Développement et CIRAD-IRAT, Paris, 444 p.
- Richard L., 74. La fertilisation potassique en relation avec les autres facteurs de production. *Coton et fibres tropicales*, vol. 29, fasc. 2, pp.183 :198.
- Richard L. et Djoulet B., 1985. La fertilité des sols et son évolution. Supplément à *Coton et fibres tropicales*. Série Documents, Etudes et Synthèses, n°6. IRCT-CIRAD.
- Sanchez P.A., Miller R.H., 1986. Organic matter and soil fertility management in acid soils of the tropics. Int. Soc. Sci. Trans. 13th Cong. 6 :609-625.
- Sebillotte M., 1982. Fertilité du milieu et agriculture. *Bulletin Technique d'information*, 370-372.
- Sebillotte M., 1991. La jachère, éléments pour une théorie. In : "La jachère en Afrique de l'Ouest." Atelier international, Montpellier, déc. 91, éd. ORSTOM.
- Smith J. and Weber G.K. Strategic research in heterogeneous mandate areas : an example from the west african savanna. In : "Agricultural technology policy issues for the international community." Ed. J.R. Anderson, CAB international.
- Suzor H. et Martin J., 1991. *Projet Garoua (Cameroun) phase I : évaluation et diagnostic de la fertilité*. CIRAD-IRCT, Montpellier, 44 p.
- Webb R.A., 1972. Use of the boundary line in the analysis of biological data. *J. Hort. Sci.*, 47, pp. 309 :319.

